

Ю. К. САНИН**АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЮВАННЯ НА БІООБ'ЄКТИ**

Представлені результати аналітичних досліджень впливу електромагнітних опромінювань оптичного спектру на біооб'єкти в УФ діапазоні (UVB, UVC) і зокрема на патогенну мікрофлору, яка є рознощиком різних інвазійних і інфекційних хвороб у бджільництві, в тому числі такої як варроатоз. Вперше отримані математичні вирази, що моделюють залежності електроенергетичних і конструктивних характеристик захисних пристроїв, що реалізують функціонування льоткових приставок ЛПРС-1 забезпечених світлодіодними модулями УФ випромінювання при живленні їх від сонячних фотоелементів. Виготовлення захисних пристроїв з науково обґрунтованими параметрами дозволяє оптимізувати потужність і кількість світлодіодів УФ випромінювання, розміщення їх в тунелі льоткової приставки, визначити довжину хвилі, експозицію, а також геометричні параметри льоткової приставки ЛПРС-1, які забезпечують згубне УФ випромінювання на фізіологічні функції кліща Варроа.

Ключові слова: енерго і ресурсоощадні технології, ультрафіолетове випромінювання, довжина хвилі ультрафіолетового спектру, доза опромінення, еритемний потік, джерело випромінювання, бджола, кліщ Варроа деструктор.

Ю.К. САНИН**АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА БИООБЪЕКТЫ**

Представлены результаты аналитических исследований влияния электромагнитных облучений оптического спектра на биообъекты в УФ диапазоне (UVB, UVC) и в частности на патогенную микрофлору, которая является разнощиком различных инвазионных и инфекционных болезней в пчеловодстве, в том числе такой как варроатоз. Впервые получены математические выражения, моделирующие зависимости электроэнергетических и конструктивных характеристик защитных устройств, реализующих функционирования летковыми приставками ЛПРС-1 обеспеченных светодиодными модулями УФ излучения при питании их от солнечных фотоэлементов. Изготовление защитных устройств с научно обоснованными параметрами позволяет оптимизировать мощность и количество светодиодов УФ, размещение их в туннеле летковой приставки, определить длину волны, экспозицию, а также геометрические параметры летковой приставки ЛПРС-1, которые обеспечивают пагубное УФ излучение на физиологические функции клеща Варроа.

Ключевые слова: ресурсо и энергосберегающие технологии, ультрафиолетовое излучение, длина волны ультрафиолетового спектра, доза облучения, эритемный поток, источник излучения, пчела, клещ Варроа деструктор.

YU.K. SANIN**ANALYTICAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF UV ON BIOOBJECTS**

The results of analytical studies of the influence of electromagnetic radiation of the optical spectrum on bioobjects in the UV range (UVB, UVC) and, in particular, on pathogenic microflora, which is the carrier of various invasive and infectious diseases in beekeeping, including such as varroathosis, are presented. For the first time, mathematical expressions were obtained that simulate the dependence of the electrical and structural characteristics of protective devices that implement the operation of the LPRS-1 pilot fittings equipped with LED-modules of UV radiation when powered from solar photocells. The manufacture of protective devices with scientifically grounded parameters allows to optimize the power and quantity of UV light emitting diodes, their placement in the tunnel of the air console, determine the wavelength, exposure, as well as the geometric parameters of the LPRS-1 airborne equipment that provide harmful UV radiation to the physiological functions of the tick Varroa.

Keywords: resource and energy-saving technologies, ultraviolet radiation, ultraviolet wavelength, irradiation dose, erythema flow, radiation source, bee, varroa destructor

Постановка проблеми. Визначальною умовою гармонійного поєднання розв'язання задач економіки та екології, які постають перед виробниками сільськогосподарської продукції, може бути впровадження прогресивних ресурсоощадних електротехнологій, які підвищують ефективність виробничих процесів та культуру виробництва в галузі. Так, наприклад, в бджільництві перспективним напрямом підвищення ефективності боротьби з таким паразитарним інвазійним захворюванням, як варроатоз вважають створення нових конструкцій, в яких за рахунок поєднання функцій ресурсозбереження і функції обробки бджіл ультрафіолетовим випромінюванням будуть сприяти підвищенню рентабельності галузі [1,2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі проведеного аналізу відомих засобів і способів боротьби з варроатозом та критичного аналізу їх переваг і недоліків можна вважати, що існуючі підходи до лікування такої хвороби бджіл як варроатоз не в повній мірі задовольняють зооветеринарні та санітарні вимоги щодо збереження

та нарощування біопотенціалу бджолосімей. Питання фізичних (зоотехнічних) засобів та методів боротьби з інвазією кліща Варроа деструктор розглядається в ряді робіт вітчизняних і зарубіжних авторів [3,4,5]. Аналіз наукових досліджень виявив відсутність узагальненої методології фізичних засобів і способів боротьби з варроатозом, а також відсутність комплексного підходу щодо створення відповідних електротехнологічних установок на базі високоефективних джерел оптичного випромінювання (УФ) діапазону. Виявлено, що під впливом ультрафіолетових променів у самок різко активізується перистальтика кишків, відмічаються маневрені рухи, фосфоресценція хітинового покриву. При опроміненні під лампою Q-400 на відстані від робочої поверхні 34,0 – 16,0 см та експозиції 10 хвилин через 17 годин загинуло 100 % кліщів Варроа [3].

Системний аналіз науково-технічної літератури показав, наприклад, що японськими вченими Октсука К. і Осакабе [4] встановлено факт загибелі павутинних кліщів від опромінення їх

електромагнітним випромінюванням ультрафіолетового спектру UVB (280- 315нм). Однак, у науковій літературі відсутні дані про летальний вплив на комах при електромагнітному опроміненні їх ультрафіолетовим спектром UVA та UVB (315-400 нм)

Крім того, в роботах, присвячених електротехнологіям використання спектру електромагнітного випромінювання в області короткохвильового діапазону для боротьби з патогенною мікрофлорою і фауною відсутня інформація щодо конструкції захисних пристроїв, їх геометричних параметрів, експозиції для ефективної боротьби з варроатозом бджіл.

Таким чином, можна стверджувати, що актуальним науково-прикладним завданням яке б сприяло подальшому розвитку галузі бджільництва в Україні є обґрунтування параметрів і режимів процесу лікування бджіл УФ спектром оптичного випромінювання та розробка конструкцій спеціальних засобів для реалізації означеного процесу.

Мета статті. Аналітичні дослідження спрямовані на розробку фізичних методів боротьби з хворобами бджіл та оптимізацію засобів їх реалізації для підвищення ефективності виробництва бджолопродукції.

Основні матеріали дослідження. Здатність УФ викликати через нервові закінчення, а також через гуморальні механізми шляхом переносу створених активних речовин током крові з місця утворення в інші органи, викликаючи неспецифічні реакції організму, має велике практичне значення, так як свідчить про результативне застосування не тільки загального, але і локального опромінення [6].

Для реалізації робочої гіпотези підвищення ефективності боротьби з варроатозом бджіл та збереження їх потенціалу нами обґрунтована нова конструкція установки, в якій вплив на кліща Варроа буде здійснюватися електромагнітним випромінюванням ультрафіолетового спектру світлодіодів. Установка для УФ опромінення бджоли і кліща включає льоткову приставку, світлодіоди, джерело живлення світлодіодів, захисну решітку, систему комутації та керування. Конструктивно-технологічна схема ЛППС-1 забезпеченої модулем УФ опромінення наведена на рис. 1

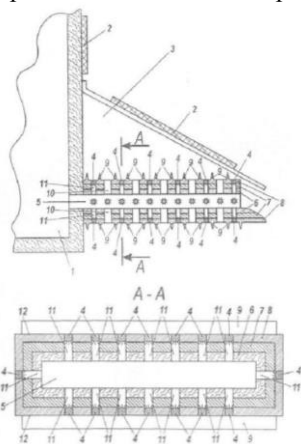


Рис. 1 – Конструктивно-технологічна схема льоткової Приставки ЛППС-1

1 – корпус вулика; 2 – геліоколектори; 3 – льоткова приставка; 4 – джерела УФ опромінювання; 5 – тунель; 6 – внутрішній шар; 7 – проміжний шар; 8 – зовнішній шар; 9 – пластини у вигляді ребер; 10 – отвори; 11 – канали для проходження УФ променів; 12 – зовнішній кожух

Для коректності дослідження біооб'єкта будемо розглядати кліща, як деякий специфічний приймач променевої енергії. Його можна характеризувати відносною спектральною чутливістю, яка визначається відношенням мінімальної кількості опромінення з $\lambda=297$ нм до інтенсивності опромінення з заданою довжиною хвилі, що забезпечує таку ж еритемну дію. При цьому еритемний потік визначається, як випромінювання, яке оцінюється по його спроможності пагубної дії на кліща, мер (1).

$$F = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \phi(\lambda) \kappa(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

де $\kappa(\lambda)$ – відносна еритемна ефективність випромінювання;

$\phi(\lambda)$ – величина спектральної інтенсивності потоку випромінювання, $\phi(\lambda) = \frac{dF}{d\lambda}$, Вт·нм⁻¹.

У якості вихідної цільової функції використаємо математичну модель, яка дає змогу моделювати параметри льоткової приставки та визначити потужність світлодіодів і їх кількість. Реалізація означеної моделі є рішення системи нерівностей по векторному критерію (2)

$$H_{\min}^{\phi} \leq H_j^{\phi}(\lambda, a, t, h) \leq H_{\max}^{\phi} \quad (2)$$

$$H_i^{\phi}(\lambda, a, t, h) \geq H_{\max}^{\phi}$$

Вразі необхідності пошуку найкращого значення вектору змінних, які вираховуються при обмеженнях

$$\begin{aligned} \lambda_{\min} &\leq \lambda \leq \lambda_{\max} \\ a_{\min} &\leq a \leq a_{\max} \\ t_1 &\leq t \leq t_2 \\ h_1 &\leq h \leq h_2 \end{aligned} \quad (3)$$

$H_{\min}^{\phi}, H_{\max}^{\phi}$ – граничні значення інтервалу дози еритемного потоку за межами якого бджола і кліщ не виживають (0,125; 0,667).

Вектор критеріїв $H_j^{\phi}(\lambda, a, t, h)$ і $H_i^{\phi}(\lambda, a, t, h)$ охоплює простір еритемної дози для бджоли (j) і кліща (i) при опроміненні в УФ-В з різною довжиною хвилі λ , математичне представлення якої має вигляд (4)

– доза еритемного потоку, яка діє на бджолу і кліща, Мер·с·см⁻²

$$H_{ji}^{\phi}(\lambda, a, h) = \int_{t_1}^{t_2} S_{ji} \frac{F_y(\lambda, a, h)}{t} dt, \quad (4)$$

– загальна потужність УФ установки, яка діє на площину льоткової приставки визначається (5)

$$F_y(\lambda, a, h) = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_{\text{сид.}} \cdot k_{\text{ноз.}} \cdot \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} \int_{h_1}^{h_2} \frac{A \cdot k_{\text{эф}}(\lambda) \cdot h^2 \cdot \Phi(\lambda)}{\tau \cdot h_n^2} d\lambda \cdot da \cdot dh, \quad (5)$$

де $k_{\text{эф}}$ – коефіцієнт біологічної ефективності в залежності від довжини хвилі;

h – висота льоткової приставки, см;

Φ – порогове значення світлового потоку при одній біодозі, Мер·с·см²;

h_n – нормована висота установки УФ джерела для однієї біодози, см;

t – час перебування бджоли і кліща в еритемній зоні, с;

S_{ji} – розрахункова площа поверхні бджоли і кліща, см².

Адекватність математичної моделі оцінюється виходячи із того, що:

а) бджола та кліщ, який знаходиться на ній, проходять у вулик через тунель льоткової приставки;

б) рівень опромінення бджоли та кліща залежить від геометричних розмірів льоткової приставки (довжина, висота);

г) термін опромінення бджоли та кліща залежить від швидкості руху бджоли по тунелю льоткової приставки;

д) доза опромінення біооб'єкту залежить від кількості та потужності джерела УФ випромінювання;

г) якщо біодоза діюча на бджолу не перевищує порогову дозу, то опромінення ефективно діє на бджолу;

ж) якщо біодоза, діюча на кліща, перевищує порогову дозу, то кліщ гине, а рівень опромінення вважається ефективним.

Для спрощення практичного застосування математичної моделі використовуються наступні припущення:

1) коефіцієнт біологічного поглинання бджоли і кліща не враховуються;

2) враховується середнє значення розміру бджоли та кліща;

3) бджола розглядається у формі циліндра.

Для розрахунку параметрів, які моделюють процес взаємодії біооб'єкта і електромагнітного УФ випромінювання, з застосуванням запропонованої математичної моделі використані такі інтервали вхідних величин:

- довжина хвилі УФ випромінювання спектру В і С в діапазоні $\lambda_{\max} = 265 \text{ нм} \div \lambda_{\min} = 315 \text{ нм}$ з кроком зміни $\Delta\lambda = 5 \text{ нм}$;

- довжина льоткової приставки $a_{\max} = 20 \text{ см} \div a_{\min} = 2 \text{ см}$ з кроком $\Delta a = 2 \text{ см}$;

- термін перебування бджоли і кліща в еритемній дозі $t_1 = 2,5 \text{ с} \div t_2 = 25 \text{ с}$ з кроком $\Delta t = 2,5 \text{ с}$;

- висота льоткової приставки $h_1 = 1 \text{ см} \div h_2 = 3 \text{ см}$ з кроком $\Delta h = 1 \text{ см}$;

- доза опромінення $A = 0,2 \div A = 0,6$ з кроком $\Delta A = 0,1$, в.о.;

- розрахункова усереднена площа поверхні бджоли $S_j = 1,1 \text{ см}^2$;

- розрахункова усереднена площа поверхні кліща $S_i = 0,02 \text{ см}^2$.

В результаті числового моделювання були отримані дані на основі яких побудовані залежності опромінення установки $F_{\text{ус.}}$ від довжини льоткової приставки при довжині хвилі $\lambda = 297 \text{ нм}$, які представлені на рис.2.

Аналіз залежностей (рис.2) показує, що значення опромінення установки необхідно збільшувати при збільшенні довжини та висоти льоткової приставки, а її оптимальними параметрами є: довжина тунелю приставки $a = 8 \text{ см}$, його висота $h = 1 \text{ см}$, споживана потужність джерелами УФ установки, яка діє на робочу площину льоткової приставки – $25 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$.

Отримані значення залежностей (рис.3 і рис.4) дозволяє зробити висновок, що біодоза яку одержує кліщ та бджола залежить від часу перебування їх в зоні опромінення та висоти льоткової приставки. Кліщ і бджола перебувають під опроміненням одночасно, але рівень біодози отримують різний.

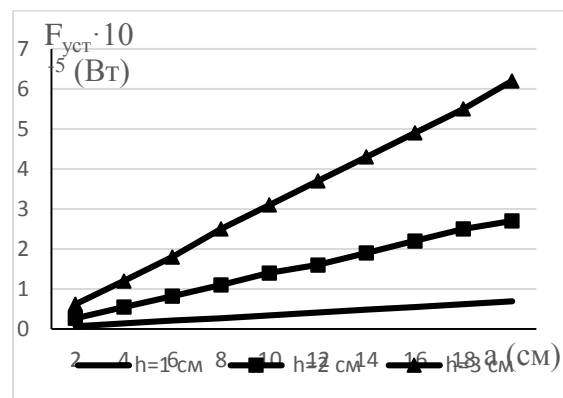


Рис. 2 – Залежність опромінення установкою $F_{\text{ус.}}$ від її

геометричних параметрів з дозою опромінення $A = 0,6$ від нормованої дози при довжині хвилі $\lambda = 297 \text{ нм}$

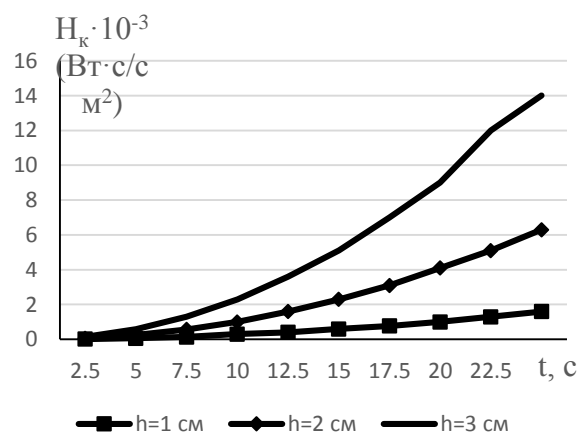


Рис. 3 – Залежність біодози отриманої кліщем H_k під час перебування в зоні опромінення з дозою $A = 0,6$

0,6 при довжині хвилі $\lambda = 297$ нм та висоті льоткової приставки $h_1 = 1$ см; $h_2 = 2$ см; $h_3 = 3$ см

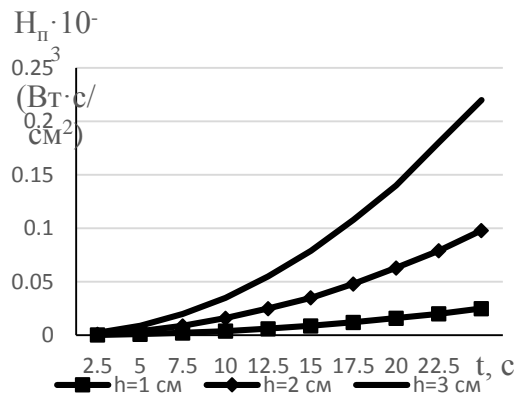


Рис. 4 – Залежність біодози бджоли H_n від часу перебування в зоні опромінення з дозою опромінення $A = 0,6$ при довжині хвилі $\lambda = 297$ нм та висоті льоткової приставки $h_1 = 1$ см; $h_2 = 2$ см; $h_3 = 3$ см

Біодоза яку отримує бджола перебуваючи під впливом опромінення складає $(0,01-0,02) \cdot 10^{-3}$ Вт·с/см². Ця величина опромінення входить в нормовану дозу для тварин і тому не призводить до летальної дії на бджолу.

Біодоза яку отримує кліщ перебуваючи під впливом опромінення складає $(0,5-1,0) \cdot 10^{-3}$ Вт·с/см². Ця величина опромінення не входить в нормовану дозу для тварин і тому діє летально на кліща.

Висновки. 1. Аналіз науково-технічних джерел виявив відсутність обґрунтованої методології щодо комплексного підходу створення сучасних світлотехнічних електроустановок діючих на біооб'єкти з покращеними енергетичними, біологічними характеристиками з застосуванням спеціальних джерел оптичного УФ випромінювання.

2. Аналітичні розробки дали можливість оптимізувати параметри і режими роботи льоткової приставки забезпеченої світлодіодним модулем УФ випромінювання.

3. Рекомендовано функціональні енерго і ресурсоощадні параметри льоткової приставки ЛПРС-1: довжина тунелю $a = 8 \pm 0,1$ см, висота тунелю льоткової приставки $h = 1 \pm 0,1$ см, кількість світлодіодів 6-8 шт., струмом $I = 20$ мА, напругою живлення $U = 4$ В в залежності від дози опромінення установки та довжини хвилі УФ спектру.

Список літератури

1. Курьшев В. П. Бактерицидные лампы в пчеловодстве / В. П. Курьшев, Р. В. Курьшев. – Режим доступу <http://stroyroy.ru/beekeeping>. – Дата звертання: 30 вересня 2017.
2. Романченко М.А. Дослідження дезінфікуючої дії УФ у забезпеченні збереження біопотенціалу бджолоосімей / М.А. Романченко, І.Г. Маслій, М.П. Кунденко, Ю.К. Санін, О.С. Цехмейстер // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва – 2015. – Вип.223. – С. 162-167.
3. Романченко М.А. Обґрунтування параметрів пристрою для дослідження впливу ультрафіолетового опромінення на біооб'єкти в бджільництві: зб. наук. праць «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» / М.А. Романченко, О.С. Нікітіна // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків, 2013. – Вип.141. – С. 122-123.
4. Ohtsuka K., and Osakabe M. Deleterious effects of UV-B radiation on herbivorous spidermites They can avoid it by remaining on jawer leaf suvfaces, Environ. Entomd – 2009. 38, 920-929.
5. Zhanq C. Y. UV-A exposures on lonqevity and reproduction in Helicoverpa armigera, and on the development of its F qeneration. Insect Sci. 18, – 2011. P. 697-702.
6. Паи. 82214 Вулик з пристроєм для боротьби з вароатозом бджіл фізичним методом / Романченко М. А., Нікітіна О. С., Санін Ю. К., Романченко В.М., Нікітін С. П., Червінський Л. С.; заявник і патентообладач Харків МПК6 А01К 47/00; опубл. 25.07.2013, Бюл. №14.

References (transliterated)

1. Kuryshv VP P. Bactericidal lamps in beekeeping / V. P. Kuryshv, R. V. Kuryshv. – Access mode <http://stroyroy.ru/beekeeping>. – Date of the Beatles: 30 November 2017
2. Romanchenko M.A. Investigation of the disinfectant effect of UV in preserving biopotential of bee colonies / M.A. Romanchenko, IG Masliy, MP Kundenko, Yu.K. Sanin, O.S. Tsekhmeister // Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine. Series: Techno-logy of production and processing of livestock products - 2015. - Vip.223. - P. 162-167.
3. Romanchenko MA Substantiation of device parameters for studying the influence of ultraviolet irradiation on bio-objects in bee-keeping: Sob. sciences Works "Problems of Energy Supply and Energy Conservation in the AIC of Ukraine" / M.A. Romanchenko, O.S. Nikitin // Bulletin of the KHNTUZG them. P. Vasilenka - Kharkiv, 2013. - Vip.141. - P. 122-123
4. Ohtsuka K., and Osakabe M. Deleterious effects of UV-B radiation on herbivorous spidermites They can avoid it by remaining on jawer leaf suvfaces, Environ. Entomd – 2009. 38, 920-929.
5. Zhanq C. Y. UV-A exposures on lonqevity and reproduction in Helicoverpa armigera, and on the development of its F qeneration. Insect Sci. 18, – 2011. P. 697-702.
6. Shares. 82214 Vulik with add-in for Borotby with varoatosis бджіл by phizic method / Romanchenko MA, Nikitina O. S., Sanin Yu. K., Romanchenko V.M., Nikitin S. P., Chervin's'kyi L.S. ; patent applicant and patent holder Kharkiv IPC6 A01K 47/00; publ. 07/25/2013, Byul. №14

Надійшла (received) 24.11.2017

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Санін Юрій Костянтинович (Санін Юрий Константинович, Sanin Yuriy Konstantinovich) – аспірант, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, аспірант кафедри інтегровані електротехнології та процеси: тел.: (050) 712-28-33; e-mail: betso@ukr.net.

Укладач: С. О. Федорчук, аспірант.